

TESIS DIDÁCTICAS

TRATAMIENTO DIDÁCTICO EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DE LOS ERRORES CONCEPTUALES (Tesis Doctoral)

Autor: *Jaime Carrascosa Alís*
Director: *Daniel Gil Pérez*

Leída en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Valencia, el 13 de Abril de 1987.

Introducción

Los errores conceptuales cometidos por los alumnos (principalmente en Física y Química) constituyen un grave problema, no sólo por su extensión (afectan a un elevado número de alumnos de todos los países y de cualquier nivel educativo), sino también por hallarse con frecuencia referidos a conceptos importantes y ser muy difíciles de eliminar aun cuando sean tenidos explícitamente en cuenta. Todo ello ha contribuido sin duda a que durante la última década se haya venido realizando una abundante investigación en torno a las llamadas ideas intuitivas o también preconceptos científicos de los alumnos, como responsables directos de la comisión de graves errores conceptuales.

Este trabajo se centra así en torno a dos cuestiones fundamentales a las que intenta dar respuesta:

1ª ¿Cuáles son las principales causas de la gran abundancia y persistencia de los errores conceptuales en Física y Química, cometidos por los alumnos y también por parte de los profesores?

2ª ¿Cómo conseguir influir de manera efectiva en la superación del problema de los errores conceptuales en Física y Química?

La respuesta a la primera cuestión, constituye toda la primera parte de esta tesis, que se halla orientada por una primera hipótesis según la cual, la persistencia de errores conceptuales se debe principalmente a orientaciones didácticas incorrectas, consistentes esencialmente en no tener en cuenta las ideas previas de los alumnos, ni tam-

poco y fundamentalmente, su metodología connatural de trabajo, a la que hemos denominado «metodología del sentido común».

En cuanto a la segunda cuestión, su respuesta se haya asociada a una segunda hipótesis cuya contrastación se aborda en la segunda parte del trabajo, y que consiste en afirmar que la superación efectiva de los errores conceptuales puede lograrse mediante una orientación didáctica que plantee el aprendizaje como construcción de conocimientos siguiendo pautas similares a las del trabajo científico.

Fundamentación de las dos hipótesis principales

Un hecho clave sobre el que existe un amplio acuerdo según se recoge en la literatura es la semejanza existente entre algunos preconceptos presentes ya en los niños y ciertas concepciones que se dieron en diversas etapas de la historia de la ciencia, particularmente durante el período preclásico. En la tesis se analiza dicho paralelismo que lógicamente, ha de responder a causas similares. Estas causas habría que buscarlas fundamentalmente en la tendencia a extraer conclusiones precipitadas, a hacer generalizaciones acríticas basándose en observaciones meramente cualitativas, realizar análisis superficiales, etc., es decir, a lo que hemos denominado anteriormente como «metodología del sentido común». Lo esencial, pues según nuestra hipótesis, no es que algunas ideas intuitivas de los alumnos tengan un parecido con otras que se dieron históricamente, sino que la metodología que está en el origen de ambas se asemeje. Esta reflexión tiene en esta tesis una importancia crucial ya que nos ha permitido profundizar y avanzar en el problema de la superación de los errores conceptuales.

En efecto, no debemos olvidar que las ideas presentes en la física del sentido común estuvieron vigentes durante siglos y sólo pudieron ser superadas cuando se produjo un cambio metodológico, nada fácil, que vino a superar

las evidencias aparentes, introduciendo una forma de pensamiento más creativa y rigurosa, una metodología que obliga a imaginar nuevas posibilidades a título de hipótesis, poniendo en cuestión lo que se daba por obvio, y a someter estas hipótesis a su contrastación empírica en condiciones controladas, etc., es decir, cuando comenzó a aplicarse una metodología que hoy calificaríamos como científica.

Así pues, según el isomorfismo señalado, parece razonable suponer, que lo mismo tiene que ocurrir con nuestros alumnos: Solamente si son entrenados en dejar de pensar en términos de seguridad y son puestos reiteradamente en situación de plantear problemas de manera precisa, de emitir hipótesis, de diseñar y realizar experimentos para contrastarlas, de analizar cuidadosamente resultados viendo cómo afectan al esquema conceptual de partida, etc., podrán superar la metodología de la superficialidad y en consecuencia hacer posible entonces los profundos cambios conceptuales que en ocasiones se precisan para la adquisición significativa de nuevos conocimientos.

Diseño para contrastar la primera hipótesis

Para verificar la primera hipótesis se ha procedido a la operativización de la misma derivando a partir de ella toda una serie de consecuencias susceptibles de ser contrastadas experimentalmente y que, lógicamente, no podemos detallar aquí. Si queremos hacer hincapié, sin embargo, en que se trata de un diseño de abordaje múltiple con objeto de mostrar la coherencia de los resultados obtenidos y aumentar la fiabilidad de los mismos. Hemos recurrido para ello a entrevistas con alumnos y profesores, cuestionarios sobre aspectos metodológicos, análisis de libros de texto y de exámenes, elaboración de numerosas cuestiones diseñadas específicamente para la detección de posibles preconceptos, etc., implicando todo ello a más de 2500 alumnos desde EGB hasta universitarios y a más de 200 profesores de Física y Química de enseñanza media en activo.

Resultados correspondientes a la contrastación de la primera hipótesis

Todos los resultados obtenidos en las distintas contrastaciones llevadas a cabo para la validación de la primera hipótesis han sido satisfactorios y coherentes entre sí. A continuación se exponen y comentan brevemente algunos de los más importantes:

1° Los preconceptos científicos de los alumnos existen realmente, sin que sea posible atribuir los errores conceptuales a otros factores, tales como simples olvidos, respuestas arbitrarias que los alumnos dan para salir del paso, etc. En efecto, algunos de los hechos que nos han permitido llegar a esta conclusión han sido:

— Las respuestas y explicaciones que los alumnos dan a diferentes cuestiones asociadas a un mismo concepto, son similares y coherentes revelando la existencia de unas mismas ideas que las orientan.

— Algunas respuestas equivocadas a cuestiones simples aparecen en porcentajes muy elevados, no sólo entre los alumnos más jóvenes, sino también entre los de niveles superiores e incluso entre parte del propio profesorado de Enseñanza Media. Así por ejemplo más del 60% del profesorado de Física y Química en activo, relaciona la fuerza con la velocidad.

— Los errores conceptuales afectan a diversos dominios científicos y se caracterizan porque los alumnos los cometen con una elevada seguridad de que lo que afirman es correcto. Esto ocurre principalmente en el área de la mecánica, que es donde los alumnos defienden sus ideas con mayor insistencia. Así por ejemplo, el 83.3% de los alumnos de 2° de Química que conciben las fuerzas como causa del movimiento se ratifican en su idea, calificando la seguridad que tienen sobre la exactitud de esta respuesta, con una nota igual o superior a 8 (entre 0 y 10).

2° La enseñanza habitual de la Física y Química, no tiene en cuenta en general la existencia de ideas intuitivas diferentes de los conceptos científicos y susceptibles de generar errores conceptuales. A este respecto, podemos destacar que, por ejemplo, el porcentaje de libros de texto entre séptimo de EGB y COU, en donde no se propone ninguna actividad que al ser abordada por los alumnos permita detectar posibles errores conceptuales, superó el 85% en todos los casos analizados. El porcen-

taje en exámenes de BUP y de COU es también del mismo orden. Además, en los propios libros de texto, se cometen en ocasiones los mismos errores conceptuales que hemos investigado.

3° Los errores conceptuales se hallan íntimamente asociados con la metodología de la superficialidad o del sentido común, profundamente asumida por muchos alumnos, algunos de cuyos rasgos característicos son:

— Pensar en términos de certeza basada en evidencias de sentido común, como muestran los elevados índices de seguridad en las respuestas erróneas dadas.

— Proporcionar respuestas precipitadas sin reflexionar sobre sus implicaciones, posibles contraejemplos, etc.

— Operativismo mecánico con utilización acrítica de expresiones, sin analizar siquiera su campo de validez, etc.

4° La enseñanza habitual de la Física y Química favorece la utilización de la metodología de la superficialidad.

En efecto, a lo largo de la primera parte del trabajo, se señala que en la enseñanza habitual apenas se utilizan actividades tales como la invención de hipótesis, el diseño de experimentos o incluso el mismo análisis de los resultados. Además, se muestran distintos aspectos del comportamiento del profesorado en general, que están relacionados con actitudes propias de la metodología de la superficialidad.

5° La metodología de la superficialidad es determinante en cuanto a la superación efectiva de los errores conceptuales, de modo que si no existe un cambio metodológico adecuado, el problema de los errores conceptuales no puede ser verdaderamente eliminado, ni siquiera teniendo explícitamente en cuenta su existencia.

6° Dado que los preconceptos más difíciles de erradicar, en donde los alumnos muestran un grado de seguridad mayor, son los correspondientes al área de la mecánica, la utilización didáctica de dicho dominio resulta un valioso instrumento para contribuir a conseguir un verdadero cambio conceptual y metodológico.

En resumen: Los resultados obtenidos desde distintos ángulos corroboran la validez de la primera hipótesis, mostrando cómo la ignorancia por la enseñanza habitual de los preconceptos y fundamentalmente de «la metodología

del sentido común» que impregna a los alumnos, son las principales causas de la persistencia de los EC. La plena confirmación de la hipótesis requiere mostrar, sin embargo, que efectivamente un cambio en la metodología de trabajo del alumno produce una disminución significativa e importante de los EC. Se hace pues necesario la utilización de un modelo de enseñanza que posibilite dicho cambio de metodología.

A este respecto, la asociación entre la metodología del sentido común y las ideas intuitivas de nuestros alumnos, paralela en cierto modo a la que se dio históricamente durante el período de la física preclásica, nos ha conducido a la elaboración de un modelo de enseñanza orientado a aproximar las situaciones de aprendizaje a las características esenciales del trabajo científico.

No podemos detallar aquí este modelo didáctico, pero sí señalar que supone una profundización en el modelo de cambio conceptual propuesto por Posner y otros, añadiendo la necesidad de asociar dicho cambio conceptual a un cambio metodológico.

Diseño para contrastar la segunda hipótesis

La contrastación experimental de la segunda hipótesis se basa lógicamente en la aplicación del modelo didáctico propuesto. Esto es precisamente lo que ha sido llevado a cabo durante varios años por parte del autor y otros profesores de Física y Química, en distintas situaciones (alumnos de diferentes niveles de enseñanza, cursos de perfeccionamiento de profesores en activo, cursos de aptitud pedagógica, etc). Se trata pues de comparar los resultados obtenidos en dichos grupos experimentales, con los ya existentes recogidos en la primera parte del trabajo, y con otros posteriores, correspondientes a alumnos no tratados con la metodología propuesta (grupos de control). Para ello se utilizó también un diseño de aborde múltiple, derivando a partir de la segunda hipótesis diversas consecuencias para contrastarlas empíricamente. Obviamente no podemos detallar cada uno de los diseños particulares. Nos limitaremos a indicar tan sólo que además de los cuestionarios utilizados en la primera parte de la tesis, se elaboran y utilizaron nuevos cuestionarios para la detección de errores conceptuales y también sobre aspectos metodológicos, valoraciones del modelo didáctico utilizado, etc.

Resultados correspondientes a la contrastación de la segunda hipótesis

Al igual que con la primera de las hipótesis básicas, los resultados obtenidos en la contrastación de esta segunda hipótesis son también todos satisfactorios y coherentes entre sí. Seguidamente y a título de ejemplo comentaremos algunos de ellos:

1° Entre los alumnos de los grupos experimentales se reduce de forma significativa el porcentaje de errores conceptuales.

Esta conclusión se apoya en el trabajo realizado durante más de cuatro años por un grupo de más de diez profesores de Física y Química, que ha venido desarrollando en sus clases la metodología propuesta, y a cuyos alumnos se les han pasado distintos cuestionarios y bajo diferentes circunstancias. En todos los casos hemos podido constatar diferencias importantes y estadísticamente significativas entre los grupos experimentales y los de control.

2° Entre los alumnos experimentales se produce un cambio metodológico que sustituye a la metodología de la superficialidad por una nueva metodología más acorde con la científica.

Los resultados que nos permiten realizar la afirmación anterior son entre otros que, en los alumnos experimentales, el tiempo medio para cumplimentar los distintos cuestionarios sobre errores conceptuales, fue en todos los casos, significativamente mayor que en los alumnos de control, evidenciando la costumbre de un mayor grado de reflexión. Así mismo incluyen más comentarios y justificaciones a sus respuestas y presentan una mayor capacidad para inventar y precisar hipótesis, analizar e interpretar resultados, etc.

3° El comportamiento metodológico de los profesores de los grupos experimentales es percibido por sus propios alumnos como diferente respecto al resto del profesorado en general.

En efecto, mientras que, por ejemplo, el 60% de los alumnos de control encuentran que los profesores dejan poco tiempo para acabar los exámenes, más del 75% de los experimentales afirman que su profesor de Física y Química les deja el tiempo justo (21.9%) o más del necesario (56.3%). Por otra parte, el 60% de los alumnos de control indican que los profesores no dedican ninguna sesión preparatoria antes de los exámenes o lo hacen sólo a veces; mientras que en los alumnos ex-

perimentales el 84% de los mismos afirma que su profesor siempre realiza esta tarea antes de los exámenes, etc.

4° El modelo de aprendizaje como cambio conceptual y metodológico es valorado muy positivamente por el profesorado susceptible de ponerlo en práctica.

Hemos de resaltar que la conclusión anterior se basa en los resultados obtenidos con profesores de Física y Química en activo y alumnos del CAP, que experimentaron personalmente la metodología propuesta, lo cual incrementa su validez.

En resumen, podemos afirmar que mediante una orientación didáctica que concibe el aprendizaje de las ciencias como cambio conceptual y metodológico, coherente con las propias características de la metodología científica, puede lograrse un aprendizaje verdaderamente significativo de los conocimientos científicos.

Conclusiones finales y nuevas perspectivas

Los resultados obtenidos en la contrastación de las dos hipótesis fundamentales de este trabajo permiten afirmar la validez de las mismas y por tanto responder a las cuestiones que nos planteábamos al comienzo de esta presentación.

Hemos de indicar que esta tesis se comenzó en el año 1982 y se han utilizado muestras que han implicado en total más de 3.500 alumnos de distintos niveles, 300 profesores en formación y 200 profesores de Física y Química de enseñanza media en activo. Ello, junto con la multiplicidad en las formas de contrastación, nos permite tener una gran confianza en los resultados obtenidos.

Por otra parte a lo largo de estos años hemos podido tener acceso a toda una serie de cuestiones diseñadas para detectar la existencia de preconceptos de Física y Química y en otros casos las hemos elaborado nosotros mismos. Nos ha parecido interesante el incluir al final de la tesis un anexo en el que se recogen 62 de estas cuestiones clasificadas por materias e indicando para cada una la fuente de donde se ha sacado, el preconcepto que investiga, objetivos y comentarios y resultados obtenidos al pasar la misma (en el caso de que se dispongan). Precisamente una de las perspectivas de este trabajo es continuar ampliando este tipo de cuestiones y experimentándolas, ya que su uso

tanto para la detección como para el tratamiento de preconceptos es fundamental.

Finalmente indicar que la perspectiva quizás más importante consiste en la aplicación del modelo didáctico propuesto, estructurando de acuerdo con él los contenidos de los distintos cursos de Física y Química y experimentándolo por los profesores interesados.

Esta tesis puede solicitarse a la Facultad de Ciencias Químicas de la Universitat de València. Burjassot (Valencia) o bien en microfichas al Servicio de Publicaciones de la Universitat de València, c/ de la Nave nº 2. Valencia.

PROPUESTA Y APLICACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA ADQUISICIÓN DE CONCEPTOS EN LA INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA ATÓMICO MOLECULAR: PERCEPCIÓN DE LOS HECHOS EXPERIMENTALES, SUS REPRESENTACIONES Y EL USO DEL LENGUAJE EN ALUMNOS DE FORMACIÓN PROFESIONAL Y BACHILLERATO.

Autor: *Juan A. Llorens Molina*
Director: *Rafael Llopis Castelló*

Universitat de València. Departament de Química-Física

1. Introducción

El origen de esta investigación puede situarse a partir de una reflexión crítica sobre la introducción, en el ciclo superior de EGB y al comienzo de las EEMM, de los conceptos fundamentales de la Química, particularmente, la teoría atómica de Dalton. En la bibliografía escolar de estos niveles parece darse por obvia la comprensión de la naturaleza corpuscular de la materia por los alumnos, así como de los conceptos de sustancia pura, elemento y reacción química, entre otros. Numerosas investigaciones dentro de la línea dirigida al análisis de los esquemas conceptuales alternativos de los alumnos muestran que estas ideas básicas no son tan accesibles al alumno de 11 a 16 años, generando multitud de errores conceptuales, errores que, desde luego, no se tienen en cuenta, habitualmente, al diseñar las actividades escolares. Al mismo tiempo, desde un punto de vis-

ta metodológico, se intenta aplicar una visión inductivista de la naturaleza del pensamiento científico ya superada actualmente.

Tras la justificación de estas aseveraciones, se profundiza en esta problemática realizando, en primer término, un análisis epistemológico de los obstáculos existentes en la formación de conceptos a través del trabajo experimental mediante la abstracción de rasgos perceptivos comunes, así como de las aproximaciones fenomenológicas a conceptos como el de sustancia pura. Este análisis se complementa con un estudio histórico del problema que apoya nuestra hipótesis fundamental de partida: la insuficiencia de un planteamiento inductivista en la iniciación a la Química.

Surge entonces la necesidad de establecer, paralelamente, una aproximación a estos conceptos basada en la teoría atómico-molecular.

Esta orientación, no obstante, encuentra a su vez multitud de problemas ampliamente descritos en la bibliografía: desde la dificultad en admitir un modelo partículas/vacío hasta la dificultad en coordinar adecuadamente los niveles macroscópico y atómico-molecular de descripción de la materia, que se refleja, por ejemplo, en la asignación de propiedades macroscópicas a las propias partículas. Una de las causas más importantes de este problema, a juicio de diversos autores, radica en la insuficiencia del atomismo intuitivo de carácter mecanicista, descrito principalmente por Piaget, de cara a la interpretación de los cambios químicos. Esta dicotomía corpuscularismo mecanicista-corporcularismo químico también tuvo una notoria relevancia desde el punto de vista histórico.

2. Objetivos de la investigación

A partir de la problemática descrita, se establece como objetivo básico de la investigación contribuir a superar el nivel descriptivo en que se sitúa la mayor parte de la investigación realizada en esta línea, proponiendo y verificando experimentalmente un esquema explicativo-predictivo de las ideas alternativas de los alumnos que pueda ser útil dentro de una concepción constructivista del currículo inicial de Química. Apoyando este objetivo general, existe un conjunto de aportaciones específicas de esta investigación que son las siguientes:

— Insuficiencia de las aproximaciones basadas en un paralelismo entre el desarrollo de las ideas en los alumnos y su evolución histórica, así como de las excesivamente centradas en la psicología evolutiva. Insuficiencia que apoya la necesidad de integrar los factores culturales que afectan a la adquisición de conceptos por los alumnos.

— Necesidad, por tanto, de ampliar el marco teórico en el que habitualmente se sitúan estas investigaciones, haciendo especial referencia a la problemática relacionada con el uso del lenguaje, por ser éste, en definitiva, el mejor exponente de las interacciones entre el medio cultural y el desarrollo de los conceptos científicos. En este sentido, concedemos especial importancia a las aportaciones de L. Vygotsky.

— Necesidad de superar el carácter puntual, en cuanto a contenidos, de muchas investigaciones, estudiando la interrelación entre los conceptos que constituyen un dominio más amplio. En este caso, se trata de la secuencia de aprendizaje que conduce al establecimiento de la teoría atómico-molecular.

— Contrastación en nuestro ambiente de los resultados de investigaciones análogas realizadas en otros países, desarrollando nuevos instrumentos de investigación. En este sentido, se ha llevado a cabo la propuesta y aplicación de nuevos métodos para el diagnóstico de las dificultades de aprendizaje, conjugando los problemas relativos a la percepción de los hechos experimentales, al empleo del lenguaje y a la interpretación de las representaciones corpusculares.

— Propuesta de una metodología que permita articular investigaciones situadas en un paradigma antropológico, de tipo eminentemente cualitativo, con estudios de tipo inferencial en los que las variables utilizadas tengan una adecuada significación.

— Por último, y con carácter complementario, se estudia la influencia de diversos factores socioeducativos en el nivel de adquisición de conceptos básicos de Química al comienzo de las EE.MM.

3. Desarrollo de la investigación

El marco teórico de la investigación se delimita a partir de cuatro tipos fundamentales de aportaciones: Psicología del aprendizaje y Filosofía de las ciencias y su contribución al establecimiento

de la corriente constructivista, problemas lingüísticos en una doble vertiente: lenguaje y formación de conceptos, por una parte y, por otra, aspectos específicos del uso del lenguaje en el aprendizaje de la Química y, por último, algunos aspectos históricos y epistemológicos.

La investigación, en su parte experimental, se desarrolla en dos fases. La primera tiene como objetivo caracterizar los esquemas conceptuales alternativos de los alumnos a través de la aplicación de cuestionarios de carácter abierto y la realización de entrevistas. Participaron en esta fase 816 alumnos de 11 centros distintos de EE.MM de edades comprendidas entre 14 y 16 años. Los aspectos estudiados fueron fundamentalmente:

— Interpretación de hechos experimentales que apoyan la introducción de un modelo corpuscular de la materia.

— Identificación de los cambios químicos y comprensión de las leyes de conservación de la masa y proporciones constantes.

— Representación e identificación de sistemas materiales mediante representaciones corpusculares.

— Análisis semántico del uso de la terminología básica por los alumnos: relación entre el contexto científico y el ordinario.

A partir de los resultados de esta primera fase se realiza una interpretación teórica de los mismos a la luz del marco establecido y de las investigaciones similares realizadas. Esta interpretación permite establecer, a modo de hipótesis, un esquema explicativo-predictivo de las dificultades de aprendizaje de los alumnos en la transición EGB-EE.MM. Este esquema se plasma en un conjunto de hipótesis de trabajo concretas cuya contrastación experimental constituye la segunda fase de la investigación. En ésta intervinieron 606 alumnos de 6 centros de EE.MM. seleccionados con criterios de representatividad sociológica. La experiencia consistió en la aplicación de un conjunto de pruebas con un total de 71 ítem cuyo contenido fue:

• Interpretación de hechos experimentales sobre el cambio químico y sus leyes y sobre la naturaleza corpuscular de la materia, a partir de experiencias grabadas en video.

• Empleo de la terminología básica de la introducción a la Química a través de una prueba de frases incompletas.

- Comprensión de los conceptos relacionados con la clasificación de los sistemas materiales.

- Identificación de sistemas y cambios materiales a partir de sus representaciones corpusculares.

Todos los distractores utilizados en el diseño de las pruebas fueron extraídos de los resultados de la primera fase.

Con los resultados obtenidos se realizaron un conjunto de estudios estadísticos que describiremos brevemente:

Además del análisis descriptivo, se establecieron escalas representativas de cada aspecto particular que fueron sometidas a un análisis de fiabilidad mediante el método del coeficiente «alpha» de Cronbach. El cálculo de los coeficientes de correlación parcial y múltiple nos permitió estudiar las interrelaciones entre el grado de adquisición de los diferentes conocimientos que contribuyen al establecimiento de la teoría atómica de Dalton. Este estudio fue complementado mediante el análisis factorial de correlaciones. También se realizaron estudios diferenciales entre los diferentes colectivos que componen la muestra, mediante el cálculo de la «U» de Mann-Whitney. Desde el punto de vista descriptivo merece especial atención el vaciado de las respuestas a la prueba de frases incompletas como valoración de los recursos lingüísticos ordinarios de los alumnos.

4. Conclusiones

En general, se verificaron las hipótesis planteadas, pudiéndose proponer, de este modo, el esquema explicativo-predictivo ya citado. A grandes rasgos consiste en la identificación de los componentes básicos en las dificultades de aprendizaje de los alumnos: El *perceptivo*, origen de las principales dificultades y muy dependiente del contexto experimental, y el *cultural*, reflejado en el uso del lenguaje, que muestra un doble aspecto: en el contexto ordinario, como *obstáculo* para la comprensión del concepto científico correspondiente y al mismo tiempo, en otros casos, como *recurso didáctico*, ya que existen también muchos significados ordinarios potencialmente útiles, hecho este que explica también la aparente contradicción entre la familiaridad que los alumnos muestran con la terminología relacionada con la teoría atómico-molecular y su comprensión a un nivel más profundo. Al comienzo de las EE.MM. se observa una situación de

transición en la cual, en muchos casos, el alumno no posee una estructura cognitiva en la que puedan cobrar sentido los conceptos de la teoría atómico-molecular, generándose en el alumno, tanto un aprendizaje memorístico de la misma como diferentes errores conceptuales, principalmente, la aplicación de propiedades y criterios macroscópicos al nivel atómico-molecular.

Los resultados muestran una situación general muy deficitaria que presenta como puntos de máxima dificultad los conceptos de sustancia pura y cambio químico, así como el estadio preconceptual en que se sitúa la adquisición de las magnitudes básicas: masa, peso, volumen...

La precisión en el uso de la terminología básica se halla asociada a un mejor nivel de adquisición de conceptos a partir de los hechos experimentales. Esta asociación presenta cierta especificidad en cuanto a contenidos. Cabe destacar aquí la notable capacidad predictiva del empleo correcto de la terminología relativa a la metodología científica en la interpretación correcta de hechos experimentales.

Ello, junto a la mayor consistencia interna y poder de discriminación observados en las preguntas en las que existen o subyacen aspectos lingüísticos y coherentemente con el marco teórico de partida, nos hace afirmar el importante papel del lenguaje como instrumento organizador de la experiencia y agente dinamizador del desarrollo conceptual.

En cuanto a los factores socioeducativos cabe subrayar la notoria influencia de la actitud en el rendimiento obtenido en la prueba, así como la irrelevancia del título de graduado escolar, la profunda diferencia entre los colectivos de FP y BUP a favor de este último y la escasa significatividad que muestra la realización de actividades experimentales en el ciclo superior de EGB.

La formulación de las conclusiones finaliza con un conjunto de propuestas que contribuyan a la apertura de nuevas líneas de investigación centradas en el análisis de la función del lenguaje dentro de un enfoque constructivista del aprendizaje de la Química. Al mismo tiempo, se proponen diversas sugerencias en cuanto a contenidos y metodología de cara a los nuevos currícula de Química para futura enseñanza obligatoria.

Dirección de contacto:
CEP Gandía. C/ Sant Duc, 1. 46700

LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE FÍSICA COMO INVESTIGACIÓN: UN INSTRUMENTO DE CAMBIO METODOLÓGICO

Autor: *Joaquín Martínez Torregrosa*
Directores de la Tesis Doctoral: *Dr. Daniel Gil Pérez y Dr. Fernando Senent Pérez.*

Facultad de CC. Físicas de la Universitat de València.

Las investigaciones en el campo de la resolución de problemas han estado dirigidas, habitualmente, a analizar las características de los alumnos que pudieran explicar las causas del elevado fracaso en la resolución de problemas, o a comprobar modelos algorítmicos con escasa fundamentación teórica.

Por el contrario, este trabajo se separa, desde el principio, de dichas tendencias, planteando que el hecho de que el fracaso sea tan generalizado descalifica cualquier intento autoexculpatorio de la didáctica habitual de la resolución de problemas. Por ello, el trabajo está dedicado fundamentalmente a analizar las deficiencias de la didáctica habitual que hacen posible esta situación y a la elaboración de una metodología para la resolución y presentación didáctica de los problemas de física teóricamente fundamentada.

Esta fundamentación se ha realizado a partir de la teoría constructivista del aprendizaje de las ciencias —en concreto del modelo de aprendizaje como cambio conceptual y metodológico— de una concepción del problema como enigma —como una situación para la que no se tiene una respuesta hecha, cuyo proceso de resolución debe tener características análogas a las del trabajo científico— y de la epistemología y filosofía de la ciencia actuales.

Las características esenciales del modelo de resolución propuesto consisten en:

- a) La supresión de los datos en el enunciado del problema.
- b) Una propuesta explícita de trabajo, orientada a evitar el operativismo ciego y a acercar la resolución de problemas a la investigación científica. Podemos resumir esta orientación como sigue:

— Comenzar por un estudio cualitativo de la situación, precisando qué es lo que se busca, explicitando las condiciones que se consideran reinantes, etc.

— Emitir hipótesis fundadas, sobre los factores de los que puede depender la

magnitud buscada y sobre la forma de esta dependencia, imaginando, en particular, casos límites de fácil interpretación física.

— Elaborar y explicar las estrategias de resolución *antes* de proceder a ésta, evitando el puro ensayo y error. Buscar, si es posible, distintas vías de resolución, tanto para favorecer la verificación de los resultados obtenidos, como para mostrar la coherencia del cuerpo de conocimientos de que se dispone.

— Realizar una resolución verbalizándola al máximo, fundamentando lo que se hace y evitando, una vez más, el operativismo sin significación física.

— Analizar cuidadosamente los resultados a la luz de las hipótesis elaboradas y, en particular, de los casos límites considerados.

Se ofrecen numerosos ejemplos de enunciados transformados, a partir de los habituales, para favorecer el tratamiento de los problemas como investigación.

Una vez fundamentadas las características que debe contemplar una resolución de problemas coherente con su naturaleza de investigación, se analiza la presentación didáctica habitual de los mismos, desde la hipótesis de que *los problemas no son presentados como tales, como investigaciones que supongan la ocasión de aplicar la metodología científica, sino como meros ejercicios que los alumnos deben asimilar y reproducir*. Debemos completar esta formulación añadiendo que no se trata sólo de que los problemas no son presentados como investigaciones según la concepción desarrollada en este trabajo, sino que aspectos esenciales desde cualquier línea de investigación —p. ej.: planteamientos cualitativos iniciales, elaboración de estrategias *antes* análisis de resultados— tampoco son tenidos en cuenta en la didáctica habitualmente utilizada en nuestras clases.

La contrastación de esta hipótesis se ha efectuado mediante un diseño variado, en el que ha sido necesario analizar desde múltiples ángulos los siguientes aspectos:

1. Cuál es la concepción que tienen los profesores y profesores en formación de los problemas y cómo presentan didácticamente los mismos (97 profesores de BUP, 192 profesores en formación de enseñanza media y 91 de EGB).

2. Cómo se presentan los problemas en los libros de texto y problemas resueltos (63 libros, desde 7º de EGB hasta

Física General de Universidad).

3. Cómo resuelven problemas de Física los alumnos de BUP y COU.

La coherencia entre los datos obtenidos a partir de los distintos aspectos analizados es muy elevada, y muestran carencias absolutas de la didáctica habitual que permiten afirmar que, en general, *no se enseña a resolver problemas, sino que se explican simplemente soluciones que el alumno ha de asimilar y reproducir*.

La última parte de la Tesis está dedicada al estudio de los efectos que produce el modelo de «resolución de problemas como investigación» en alumnos y profesores. Este es el objeto de la segunda hipótesis, según la cual: *la práctica reiterada del modelo elaborado produce un verdadero cambio metodológico que acerca la actividad de los alumnos a las características del trabajo científico, aumenta su capacidad para resolver problemas y modifica positivamente la actitud y el interés de alumnos y profesores hacia esta actividad*.

Una vez justificada la hipótesis, se han derivado de un modo operativo, *once* consecuencias para su contrastación y elaborado los diseños experimentales necesarios.

Se ha realizado un diseño múltiple que ha supuesto análisis cualitativos a lo largo de varios cursos —que se registran en el trabajo mediante ejemplos desarrollados de lo que ocurre en el aula cuando se resuelven problemas— y cuantitativos con profesores y alumnos.

LA RÉSOLUTION DE PROBLÈMES EN PHYSIQUE AU LYCÉE. LE PROCEDURAL: APPRENTISSAGE ET ÉVALUATION. (Tesis Doctoral)

Doctorando: *Andrée Dumas Carré*

Presentada en 1987 en la Universidad de París 7

Las actividades de resolución de problemas ocupan una gran parte del tiempo consagrado a la enseñanza de la Física y pueden tener dos finalidades diferentes, aunque a menudo imbricadas: la de servir al aprendizaje y la de ser soporte de la evaluación de las adquisiciones de los alumnos.

Este trabajo ha sido elaborado a partir de dos investigaciones acción que tienen en común interesarse por las actividades de resolución de problemas y haber sido realizada por grupos que asocian investigadores y profesores, con intervención de los profesores en todo el proceso de investigación —desde el diseño de los materiales al análisis y evaluación de los resultados— y no únicamente como ejecutores de intervenciones didácticas diseñadas por otros.

Una de estas dos investigaciones, realizada por un grupo llamado *Prophy* (contracción de *problèmes de physique*), se ocupa de las actividades de resolución de problemas como aprendizaje y se dirige directamente a los alumnos. Hablar de una función de aprendizaje, sin embargo, no es suficiente y es preciso concretar de qué. Para resolver un problema de Física hay que movilizar conceptos y leyes generales aplicarlas a la situación particular estudiada y, en su caso, proceder al tratamiento matemático. El aprendizaje que se persigue puede, según esto, ser el de los conceptos y las leyes (a través de su «puesta en escena» en un caso particular) o el de los tratamientos matemáticos. La actividad de resolución de problemas es en estos casos *un medio* para obtener dichos aprendizajes. Pero se puede también buscar el aprendizaje de la propia metodología de resolución; se trata en este caso de un aprendizaje de método y las actividades de resolución de problemas dejan de ser un medio para convertirse en *el objeto* mismo del aprendizaje. La intervención didáctica puesta a punto por el grupo *Prophy* tiene esa segunda orientación; se trata de un aprendizaje de método. El material pedagógico puesto a punto comporta una estrategia general de resolución y «ayudas específicas» que guían la búsqueda y organización de las informaciones que servirán para hacer las opciones indispensables (principio, sistema...)

La otra investigación/acción realizada por el grupo *Chapham* se ocupa del aspecto evaluación y se dirige a los profesores. Más concretamente se estudia la evaluación de las adquisiciones cognitivas de los alumnos, con una finalidad de diagnóstico y recuperación. El estudio se ha dirigido en tres direcciones en permanente interacción: ¿cómo caracterizar y describir las adquisiciones cognitivas?, ¿cuáles deben ser las características de un problema para que efectivamente permita hacer un diagnóstico de las adquisiciones cog-

noscitivas? ¿cómo elaborar problemas que posean dichas características?

La unidad del trabajo estriba en el planteamiento teórico común a partir del cual se analizan las actividades de resolución. La consideración simultánea de las funciones de aprendizaje y evaluación ha permitido poner el acento en sus interacciones y poner en evidencia, en particular, el hecho de que el enunciado de un problema sea insuficiente para establecer la lista de los «conocimientos a poner en obra» en su resolución: es preciso también tener en cuenta el «pasado» del alumno —los problemas que ya ha resuelto— y hacer una hipótesis sobre el estado de organización de sus conocimientos. Esta influencia del pasado del alumno tiene influencia tanto en el diseño y organización de las actividades de aprendizaje como en la elección de las tareas de evaluación y en la interpretación de los resultados de los alumnos.

El primer capítulo de esta tesis es un análisis de la didáctica hoy habitual y en él se analizan sucesivamente:

— los problemas habituales (su estructura, las características de las informaciones, las situaciones físicas utilizadas)

— la manera en que estos problemas habituales son utilizados en la enseñanza (las expectativas de los profesores, los criterios implícitos sobre lo que es una buena resolución, la forma en que los profesores enseñan en la clase a resolver problemas).

El segundo capítulo presenta el marco conceptual de análisis y, a continuación, da una primera interpretación, desde dicho marco, de determinadas dificultades —la dificultad de los alumnos para generalizar a partir de algu-

nas resoluciones específicas y la dificultad de los profesores para generalizar en términos de competencias las constantes de las actuaciones de los alumnos— y considera varias posibilidades para la mejora de las tareas y de la forma en que éstas son utilizadas.

El tercer capítulo expone la experiencia *Prophy*, clarificando las opciones tomadas, tanto desde el punto de vista teórico como del práctico, describiendo el trabajo realizado en clase, interpretando los resultados obtenidos a la luz de los modelos adoptados y comparando estos resultados a los de otros proyectos de enseñanza del método de resolución de problemas.

El cuarto capítulo da cuenta de la experiencia *Chapham*, ofreciendo ejemplos de tareas de evaluación que amplían el campo habitual, mostrando cómo dichas tareas difieren de los problemas «clásicos» esencialmente en relación a los saberes procedimentales y proponiendo un método de puesta a punto o de revisión de las tareas de evaluación que asegura la coherencia entre los objetivos de la enseñanza y de la evaluación y permite interpretaciones más válidas de las adquisiciones de los alumnos.

PRIMERAS NOCIONES SOBRE LA PROPAGACIÓN DE LAS SEÑALES MECÁNICAS: ESTUDIO DE LAS DIFICULTADES DE LOS ALUMNOS

Tesis de licenciatura
Autora: *Laurenze Maurines*
Directora: *Edith Saltiel*

Universidad: *París, 7*
Presentada en septiembre de 1986

Este trabajo analiza las dificultades de los estudiantes franceses de los últimos años de la Enseñanza Secundaria y primeros de la Universidad, en torno al estudio descriptivo y macroscópico de la propagación de las señales mecánicas visibles.

Dicha investigación, realizada mediante el uso de cuestionarios, se ha centrado básicamente sobre la propagación de una señal transversal en una cuerda. Se muestra así que los estudiantes tratan la forma especial de una señal como un todo, análogo a un objeto material, atribuyéndole una dimensión intrínseca y considerando que sólo puede existir enteramente formada. Para explicar el movimiento de la señal, utilizan los mismos razonamientos encontrados en la dinámica elemental: la fuente comunica una «fuerza» —una especie de «capital fuente»— que le permite avanzar, determina su rapidez y puede disminuir debido a las pérdidas. La forma de la señal existe gracias a ese «capital» almacenado; que determina su amplitud. El doble papel del «capital fuente» se traduce por la interdependencia de la velocidad de propagación de la señal y la del movimiento transversal de un punto del medio. En cuanto a dicho medio, como no determina —según dicha visión— ni la forma de la señal ni su movimiento, sólo se le atribuye un papel de soporte pasivo.

El trabajo termina mostrando que la enseñanza actual no intenta poner en cuestión estos razonamientos espontáneos de los alumnos y proponiendo algunas sugerencias pedagógicas para «desestabilizar» dicho razonamiento.

NOTICIAS

VI JORNADAS DE ESTUDIO SOBRE LA INVESTIGACIÓN EN LA ESCUELA

La revista *Investigación en la Escuela* organiza las «VI Jornadas de estudio sobre la investigación en la escuela», que tendrán lugar en la E.U. de Magisterio de Sevilla, los días 8, 9 y 10 de diciembre. El tema general de este año será «El Profesor y la experimentación curricular». Para cualquier información pueden dirigirse a: *Investigación en la Escuela*, E.U. de Magisterio

Avda. Ciudad Jardín, 22
41005 Sevilla. Tel. 954 - 65 49 00
Llamadas, martes y jueves de 11 a 13 h.
M^a Carmen Gómez (secretaria de las Jornadas).

11èmes. JOURNÉES INTERNATIONALES SUR L'ÉDUCATION SCIENTIFIQUE

Chamonix, fin janvier 1989
Les aides didactiques et culturelles

(livres, documents, matériel de démonstration d'expérimentation maquettes, objets muséologiques, panneaux, audiovisuels, ...).

Las personas interesadas pueden dirigirse a:

Le Comité d'Organisation
A. Giordan et J.L. Martinand
U.E.R. de Didactique des Disciplines
Tour 45-46, 1^r étage
2, place Jussieu
75005 Paris. Cedex 05
Tél. (1) 46 34 62 10